

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЄГУПОВ ВЯЧЕСЛАВ КОСТЯНТИНОВИЧ



УДК 624.012.45.042

**МЕТОДИ ОЦІНКИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Одеса – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеському національному морському університеті,
Міністерство освіти і науки України.

Науковий курівник: доктор технічних наук, професор
Дорофєєв Віталій Степанович,
Одеський національний морський університет,
професор кафедри «Інженерних конструкцій і водних
досліджень»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Городецький Олександр Сергійович,
ТОВ ЛІРА САПР, заступник директора з наукової
роботи (01.02.03);

кандидат технічних наук
Баранова Ганна Олександрівна,
Начальник відділу нагляду за гідротехнічними
спорудами. Державного підприємства «Класифікаційне
товариство Регістр судноплавства України», (05.23.01);

Захист відбудеться " 14 " березня 2019 р. о 10.30 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 41.060.01 при Одеському національному
морському університеті: 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Одеського
національного морського університету: 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.

Автореферат розісланий "07" лютого 2019р.

Вчений секретар спеціалізованої

Вченої ради Д 41.060.01, к. т.н., доцент
Акімова



О. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Землетрус є найсерйознішим і об'єктивним іспитом для будь-якої ідеї, спрямованої на підвищення сейсмостійкості будівель та споруд. У матеріалах про поведінку будинків і споруд при землетрусах є чимало відомостей, що дозволяють судити про реакцію будівель та споруд на сейсмічні впливи. Збереження будівель і споруд при реальних землетрусах, зумовила популярність сейсмостійкого проектування на основі прогнозування кількісних характеристик майбутніх сейсмічних впливів в багатьох країнах, що ведуть сейсмостійке будівництво.

Сейсмічні райони з прогнозованою інтенсивністю землетрусів 7, 8 і 9 балів займають до 20 % території України. У них розташовано багато промислових і культурних центрів з великими обсягами будівництва. Раціональне проектування сейсмостійких конструкцій, підвищення їх надійності має важливе народногосподарське значення.

Аналіз сейсмостійкості споруд, що були зведені в сейсмічних районах України показав, що фактичні сейсмічні навантаження на споруди значно перебільшують розрахункові навантаження, які були визначені нормативними документами.

Виконане моделювання сейсмічних впливів і проведені чисельні експерименти дозволили встановити значний вплив хвильових процесів у ґрунтах на реакцію будівлі, споруди як єдиної просторової системи.

Співвідношення вертикальної і горизонтальної компонент знаходиться в складній залежності від багатьох факторів: епіцентральної відстані, глибини вогнища, типу переважаючих хвиль. Складові сейсмічних прискорень є взаємно корельованими випадковими процесами. Тому при дослідженні характеру сейсмічних рухів необхідно враховувати взаємопов'язаність їх складових.

Для вивчення перерахованих вище факторів слід використовувати просторові розрахункові схеми, в яких враховуються реальні властивості конструкцій.

Вирішення цього завдання вимагає дослідження нових видів сейсмічних реакцій. З цієї причини дослідження таких питань, як вплив сейсмічних коливань, врахування взаємодії вертикальних і горизонтальних коливань є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації відповідає актуальним напрямкам науково-технічної політики країни відповідно до Постанов Кабінету Міністрів України:

№ 409 від 5 травня 1997 року «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж»;

№ 1313 від 21 серпня 2000 р. «Про затвердження програми попереджень та реагувань на надзвичайні ситуації технічного і природного характеру на 2000÷2005 роки з метою комплексного вирішення проблем захисту населення і

територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на користь безпеки кожної людини, суспільства, національного надбання та навколишнього середовища»;

№ 156 від 25 лютого 2009 року «Про затвердження Державної цільової соціальної програми розвитку цивільного захисту на 2009 ÷ 2013 роки».

Дослідження виконані відповідно до тематики наукових розробок кафедри інженерних конструкцій і водних досліджень Одеського національного морського університету в рамках держбюджетної теми: «Теоретичні основи оцінки природних і техногенних ризиків під час будівництва та експлуатації портових і шельфових споруд, № 0117U000617».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка нових та удосконалення існуючих методів розрахунку будівель, споруд і їх відповідальних конструкцій на сейсмічні впливи для оцінки їх сейсмостійкості, з використанням дискретних скінчено-елементних і континуальних динамічних розрахункових моделей.

Виходячи з мети, поставлені наступні завдання дисертаційного дослідження:

- систематизувати та узагальнити існуючі дані по оцінці несучої здатності і деформативності будівель і споруд в умовах сейсмічної небезпеки, намітити шляхи їх подальшого розвитку;

- розробити апаратуру і методику польових досліджень, яка дозволяє отримати реальні дані про коливання ґрунту на майданчиках будівництва;

- розробити напівемпіричну методику побудови розрахункових акселерограм;

- проаналізувати сейсмічний вплив локальних інженерно-геологічних умов на будівельних майданчиках на фільтрацію сейсмічних хвиль геологічним середовищем та можливість виникнення резонансних коливань в будівлях та спорудах;

- розробити аналітичні і чисельно-аналітичні методи розрахунку для регулярних споруд;

- розробити новий метод пониження мірності просторових об'єктів;

- виконати дослідження поведінки будівель і споруд при сейсмічних впливах;

- здійснити апробацію запропонованих підходів, моделей, прикладних методик для оцінки несучої здатності будівель і споруд.

Об'єкт дослідження – поведінка конструкцій будівель і споруд при сейсмічних впливах в різних ґрунтових умовах.

Предмет дослідження – сейсмічні впливи на будівлі і споруди з урахуванням сейсмостійкості конструкцій та ґрунтових умов на майданчику будівництва.

Методи дослідження: Для реалізації поставленої мети і завдань дослідження використовувався комплекс сучасних експериментально-

теоретичних методів будівельної механіки, теорії сейсмостійкості і динаміки споруд, сейсмічного мікрорайонування.

Наукова новизна отриманих результатів характеризується отриманими новими науково обґрунтованими результатами, які визначають реальні сейсмічні навантаження на конструкції і в сукупності прогнозують сейсмічну реакцію будівель і споруд та їх елементів при землетрусах.

За результатами наукових досліджень в дисертаційній роботі вперше:

- розроблено методику побудови розрахункових акселерограм на основі емпіричних даних і теоретичного моделювання. Отриманні розрахункові акселерограми, що моделюють землетруси із зони Вранча;

- запропонований метод розрахунку будівель і споруд на знаковмінні сейсмічні впливи, задані акселерограмами, в яких враховано прогнозований спектральний склад коливань ґрунту на майданчику;

- розроблена методика визначення сейсмічних навантажень на висотні будівлі на основі спектрального методу і при впливах заданих акселерограмами;

Вдосконалені:

- методика розрахунку нелінійних переміщень будівель, що дозволяє визначати стан конструкцій після землетрусу, проектувати сейсмостійкі і економічні конструкції;

- аналітичний метод розрахунку частот і форм власних коливань будівлі, який відрізняється від існуючих більш загальним підходом;

- спосіб формування пакету розрахункових акселерограм для конкретного об'єкта будівництва, які викликають найбільші внутрішні напруження в елементах його конструкцій;

- рекомендації щодо визначення сейсмічних навантажень на будівлі і споруди у сейсмічних районах України;

- апаратура і методика польових досліджень.

Практичне значення отриманих результатів.

- запропонована система проектування дозволяє оцінити сейсмостійкість будівель і споруд. Вона дає можливість достовірно визначити напружено-деформований стан конструкцій причальних споруд з урахуванням конструктивних і технологічних особливостей та використанням сучасних програмних комплексів.

- використані підходи є доступними, відповідають сучасному рівню і можуть застосовуватися при масовому проектуванні, а також при науково-технічному супроводі складних об'єктів.

- результати дослідження впроваджені: в навчальний процес Одеського Національного морського університету при підготовці бакалаврів і магістрів напряму «будівництва» і «гідротехнічне будівництво».

- результати досліджень успішно застосовувалися при визначенні розрахункової сейсмічності в портах Південний та Іллічівський.

- результати досліджень успішно застосовувалися при визначенні розрахункової сейсмічності та науково-технічному супроводі проектування об'єктів: будівництво багатопверхових житлових будинків з вбудовано-прибудованими житловими приміщеннями, з паркінгом та благоустроєм прилеглої території за адресою: місто Одеса, провулок Середньофонтанський, 1-А; будівництва багатоквартирного чотирисекційного 14-ти поверхового житлового будинку із вбудовано-прибудованими приміщеннями суспільного призначення з вбудовано-прибудованим підземним паркінгом за адресою: с. Крижанівка, вул. Марсельська на території Крижанівської сільської ради Лиманського району Одеської області; будівництво багатопверхового житлового комплексу з підземним паркінгом і об'єктами соціально-побутового призначення за адресом: м. Одеса, вул. Овідіопольська дорога. 3; реконструкції компресорної станції «Орлівка-2» газопроводу «Ананьїв-Тирасполь-Ізмаїл».

Практичне використання розробленої методики здійснено при будівництві причалу № 10 у порту «Південний», Одеської області, та при реконструкції частини пірсу № 2 ІСРЗ в с. Малодолинське, м. Чорноморськ.

Перераховані приклади практичного впровадження результатів підтверджено відповідними документами, наведеними в Додатку до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою працею автора і містить отримані результати теоретичних і експериментальних досліджень, які вирішують науково-прикладну проблему вдосконалення методів розрахунку і оцінки сейсмостійкості будівель і споруд. Внесок полягає в постановці завдань теоретичних досліджень, розробці методик, досліджень і розрахунків, проведенні натурних динамічних обстежень будівель і споруд, науковому обґрунтуванні та розробці методів динамічного розрахунку, участь у впровадженні результатів досліджень. Автор дисертаційної роботи був відповідальним виконавцем досліджень при виконанні ряду госпдоговірних тем.

Автором започатковано і розвинуто напрямок сейсмостійкого проектування і будівництва. Виконано дослідження сейсмостійкості будівель і споруд, з урахуванням їх просторової поведінки, і моделей сейсмічних впливів. Сформульовано основні закономірності просторового деформування, розроблено наукові основи моделювання будівель і споруд.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і одержали схвальну оцінку на конференціях та семінарах: Сьомій Всеукраїнській науково-технічній конференції «Будівництво в сейсмічних районах України» (Ялта, 2008.); 15 European Conference on Earthquake Engineering Istanbul Turkey, 24 to 29 august 2014; Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: наукова конференція, присвячена пам'яті Т.З. Вербицького та Ю.Т. Вербицького, 3-5 червня 2014 р., Львів; Десята Ювілейна Всеукраїнська науково-технічна конференція «Будівництво в сейсмічних районах України» (Одеса, 2015); International conference on earthquake engineering and seismology, 12-16 may 2015 Oslo;

«Проблеми теорії і практики сейсмостійкого будівництва», міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 90-річчю з дня народження професора В.К. Єгупова, 25-29 жовтня 2016 р.; Дев'ята всеукраїнська науково-технічна конференція «Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування» (Дніпропетровськ, 2016); Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: науково-технічна конференція, присвячена пам'яті Т.З. Вербицького та Ю.Т. Вербицького, 1-2 червня 2017 р., с. м. т. Верхнє Синьовидне; 16th European conference on earthquake engineering, Thessaloniki 18-21 June 2018; Одинадцята всеукраїнська науково-технічна конференція «Будівництво в сейсмічних районах України» 10-14 вересня 2018 р., м. Одеса;

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані в 26 наукових працях, з яких: 7 статей опубліковані в збірниках, що входять до переліку – рекомендованих ВАК України; 9 статей в збірниках що входять до наукометричних баз; 10 статей – у збірниках, виданих за матеріалами Міжнародних та Всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел (121 найменування) і додатків. Робота викладена на 197 сторінках, у тому числі 150 сторінок основного тексту, 5 повних сторінок з рисунками і таблицями, 10 сторінок списку літератури, 32 сторінок додатків.

Автор висловлює глибоку повагу та щире подяку заступнику директора з наукової роботи Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна, чл.-кор. НАН України Кендзері О.В. та завідувачому відділом сейсмічності Карпатського регіону канд.фіз.-мат.наук Вербицькому С.Т. за співпрацю та консультації при розробці апаратури і методики польових досліджень.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито суть і наведено загальну характеристику роботи, показано зв'язки з науковими напрямками досліджень Одеського національного морського університету, обґрунтовано вибір та актуальність обраної теми, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, охарактеризовано елементи наукової новизни отриманих результатів, їх теоретичне і практичне значення, особистий внесок автора в отриманні результати, наведено дані щодо апробації результатів досліджень і публікації за темою дисертаційної роботи.

У **першому розділі** дано характеристику основних робіт, у яких розглядаються задачі, пов'язані з даною темою дослідження. Актуальні питання теорії сейсмостійкості розглянуті вченими української школи: Ю.І. Немчиновим, В.С. Дорофєєвим, В.С. Кукунаєвим, О.С. Городецьким, В.С. Шмуклером, В.О. Гришиним, А.В. Гришиним, А.М. Бамбуною, М.Г. Мар'єнковим, А.К. Хавкіним. Внесок у розвиток інженерної сейсмології зробили українські вчені-сейсмологи: С.В. Євсєєв, В.І. Старостенко, Л.С.

Борисенко, О.М. Харитонов, В.Є. Кульчицький, Б.Г. Пустовитенко, О.В. Кендзера, В.Д. Омельченко, О.М. Скляр та інші.

Цікавими і оригінальними у сейсмології й практиці сейсмостійкого будівництва є публікації вчених: Японії (Ф. Оморі, К. Сьюехіро); США (В. Гутенберг, Ч. Ріхтер, Дж. Хаузнер, М. Біо, Р. Мартель, Дж. Альфорд, Н. Ньюмарк, Е. Розенблют) та інші; російської, а згодом радянської наукової школи сейсмології (Б.Б. Голіцин, І.В. Мушкетов, Є.Ф. Саваренський, Ю.В. Резніченко, Д.П. Кірнос, Г.А. Гамбурцев, С.В. Медведєв, М.А. Садовський, Г.П. Горщиків, В.В. Белоусов, В.І. Уломов, Н.В. Шебалін, С.Л. Соловійов, А.В. Друмя) та інші.

Серед вчених, які зробили вагомий внесок у розвиток теорії сейсмостійкості й сейсмостійкого будівництва, варто назвати імена: К.І. Заврієва, А.Г. Назарова, Ш.Г. Напетваридзе, И.Л. Корчинського, М.Я. Пільдіша, С.В. Полякова, Б.Г. Коренева, І.І. Гольденבלата, В.В. Болотіна, Г.М. Карцівадзе, О.А. Савінова, В.О. Цшохера, В.А. Биховського, БД. Карапетяна, Т.Ж. Жунусова, В.Т. Расказовського, М.А. Николаєнка, А.Л. Чураєн, С.В. Пучкова, Я.М. Айзенберга, В.І. Смірнова, А.П. Синиціна, В.К. Єгупова, М.Т. Уразбаєва, Е.Є. Хачіяна, А.І. Цейтліна, А.П. Мартемьянова, В.О. Іллічова, Г.К. Габричідзе, Ю.П. Назарова, М.А. Клячка, А.М. Уздіна, Т.О. Белаш, І.Є. Іцкова, Е.Є. Сігалова, Т. Рашидова, Ш. Хакімова, Т.Ж. Жунусова та інших.

При аналізі наслідків землетрусів багатьма дослідниками зафіксовано типові руйнування. Запропоновані методи проектування і розрахунку повинні включати можливість враховувати ці явища. До них відносяться: руйнування торцевих частин будівель; пошкодження; зміщення поперечних стін у вертикальній площині, відносно одна-одної, і перекриттів із своєї площини; руйнування та пошкодження будівель при збігу періодів зовнішнього впливу з періодами власних коливань (явище резонансу); падіння будівель при сейсмічних впливах тощо. При аналізі наслідків землетрусів спостерігається різний рівень сейсмостійкості будівель та споруд різних конструктивних схем.

З огляду на вищенаведене, у дисертаційній роботі сформульовано мету досліджень та поставлено задачі для її досягнення.

У **другому розділі** проаналізовано основні підходи до проведення сейсмічного мікрорайонування. Перший підхід відноситься до моделювання геологічного середовища і синтезу акселерограм і спектрів реакції для проектувальників будівель і споруд. Другий підхід полягає в апаратурних дослідженнях і вимірах з метою уточнення інтенсивності коливань в умовах конкретних майданчиків. Запропоновано практичний підхід до уточнення прогнозованої сейсмічної інтенсивності (бальності) будівельних майданчиків з урахуванням результатів детального сейсмічного районування (ДСР) і сейсмічного мікрорайонування (СМР).

Розроблена апаратура і методика польових досліджень (рис.1), яка дозволяє отримати цифрову обробку реальних даних коливань ґрунту на майданчиках будівництва. Запис мікросейсм виконувався двома триканальними

цифровими сейсмічними станціями Das-05 (рис. 2), останніми з модельного ряду автоматичних сейсмостанцій. В якості сеймоприймачів використовувалися датчики СМ-3КВ.



Рис. 1. Сейсмічна станція «DAS-05»

Сейсмічна станція «DAS-05» забезпечує:

- реєстрацію повного вектора сейсмічних коливань в динамічному діапазоні не менше 140 дБ;
- частоту реєстрації вимірюваної інформації в межах 0,012÷100 Гц;
- синхронізацію зареєстрованих сигналів з еталонним часом по Гринвічу з точністю не менше ніж 0,1 мс;
- відносну похибку вмонтованого годинника не вище 10⁻⁷ с;
- регулярну корекцію вмонтованого годинника радіосигналами точного часу, отриманими від супутникового gps-приймача;
- можливість роботи з автоматичним перемиканням, як від електромережі 220 В, так і від акумуляторної батареї (12÷24 В);
- контроль енергоємності і автоматичне заряджання акумуляторної батареї у режимі роботи від електромережі;
- використання електроенергії в режимі очікування не перевищує 10 ватт;
- термін автономної роботи апаратури від акумуляторних батарей не менше 24 годин;



Рис. 2. Структурна схема сейсмічної станції «DAS-05»

- калібрування сейсмічних каналів (передбачена можливість визначення амплітудної і фазової частотних характеристик сейсмічних каналів з точністю до 5 % в частотному діапазоні 0,01 до 50 Гц) дозволяє отримати інформацію,

яка необхідна для визначення дійсних значень прискорення, швидкості або зміщення в зареєстрованих коливаннях.

Розроблено напівемпіричну методику побудови розрахункових акселерограм, яка базується на максимальному використанні інформації, що міститься в акселерограмах землетрусів з місцевих вогнищевих зон і землетрусів зони Вранча, зареєстрованих в місті Одеса (рис. 3).

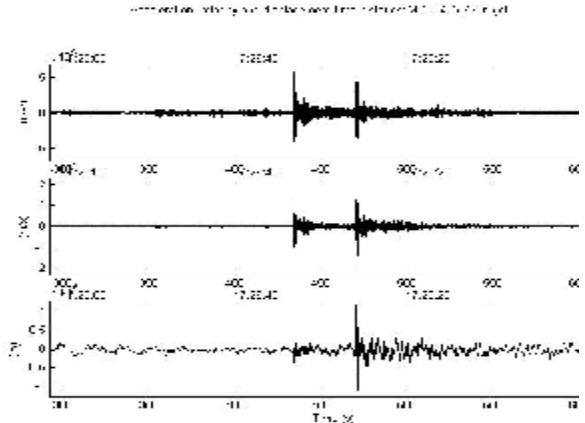


Рис. 3. Загальний вид постаменту сейсмостанції «Одеса-Місто» в ОНМУ та запис нею землетрусу із зони Вранча 25.04.2018 р.

Виконано інтерпретацію даних інструментальних спостережень методом сейсмічних жорсткостей. Проаналізовано вплив локальних інженерно-геологічних умов на будівельних майданчиках Одеського регіону.

Показано, що сейсмостійкість будівель значною мірою залежить від їх конфігурації, розташування і типу конструктивних елементів (рис. 4), особливостей просторової деформації споруд, швидкості проходження сейсмічних хвиль під будівлями при реальних землетрусах.

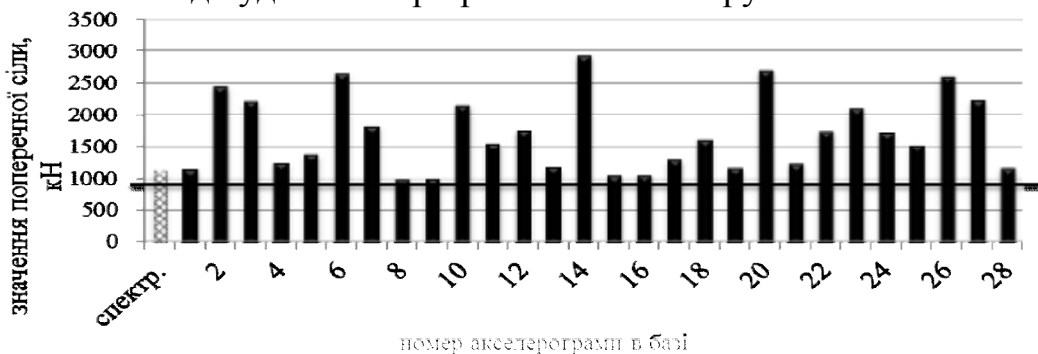


Рис. 4. Значення внутрішніх зусиль при розрахунку на задані акселерограми землетрусу для багатоповерхової будівлі

За допомогою теоретичного моделювання сейсмічних впливів і чисельних експериментів встановлено, що нерівномірності поля коливань ґрунту, фільтрація сейсмічних хвиль геологічним середовищем і виникнення резонансних коливань в спорудах при сильних підкорових землетрусах зони Вранча можуть привести до збільшення сейсмічних навантажень у декілька разів (рис. 5).

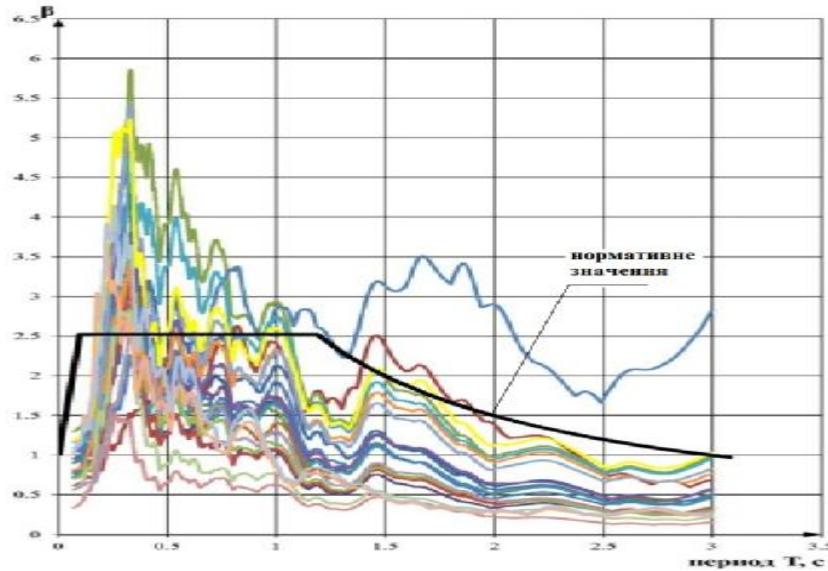


Рис. 5. Спектри реакції для наявних акселерограми для Одеського регіону

Для майданчиків будівництва, нормативна бальність яких визначається по картах ОСР-2004-В і ОСР-2004-С, а також для майданчиків, розташованих поблизу границь зміни бальності, рекомендовано уточнення сейсмічності виконувати на основі сейсмічного мікрорайонування.

Доведено, що побудовані, з врахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування, розрахункові акселерограми і спектри реакції відкривають можливість здешевлення сейсмостійкого будівництва за рахунок оптимального вибору конструктивних рішень, які дозволяють уникнути збігу переважаючих частот, що відповідають піковим прискоренням в сейсмічних хвилях, з резонансними частотами підстилаючої ґрунтової товщі і власними частотами проектованої будівлі або споруди (рис.6) із збереженням необхідної надійності особливо відповідальних споруд.

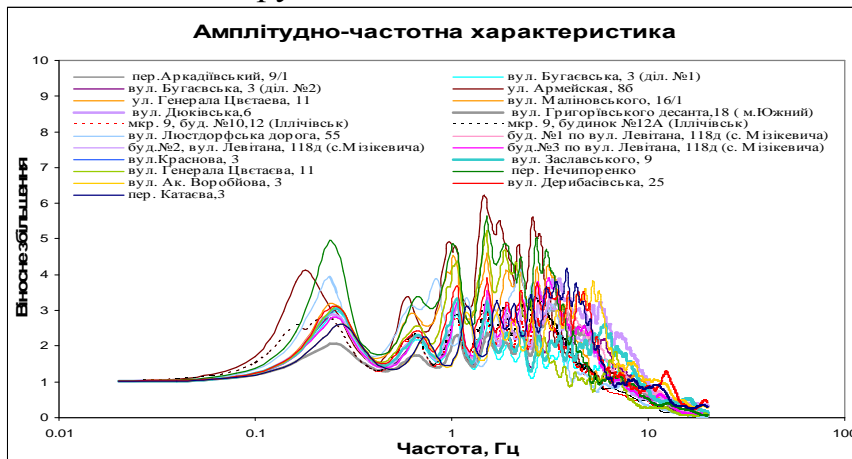


Рис. 6. Амплітудно-частотні характеристики ґрунтів майданчиків в м. Одеса

Результати розрахунків багатопверхових будинків, показали що їх переважаючі періоди ($T_1=2,75с$; $T_2=1,48с$; $T_3=1,27с$.) співпадають з довгоперіодною частиною АЧХ (рис. 6).

Розроблено рекомендації з побудови та використання розрахункових акселерограм (рис. 7) для забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд в умовах України.

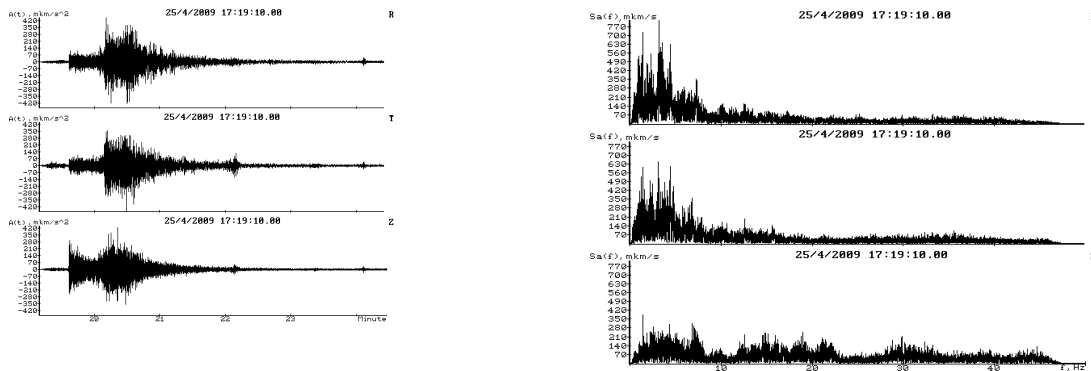


Рис. 7. Акселерограми та амплітудні спектри Фур'є прискорень коливань ґрунту розраховані з використанням запису на сейсмічній станції «Одеса-місто» підкорового землетрусу 25.04.2009 р. із зони Вранча (Румунія)

У **третьому розділі** розроблено аналітичні і чисельно-аналітичні методи розрахунку для регулярних споруд, що допускають стискування в одному напрямі. Розроблено процедуру моделювання поперечних і поздовжніх рам квазіодновимірними консольними стержнями, які моделюють їх динамічну поведінку.

При наближенні реальних тривимірних об'єктів плоскими розрахунковими моделями, здійснюється одна з найсерйозніших помилок розрахунку. Перехід до просторових розрахункових моделей (РМ) для тривимірних об'єктів є першим важливим кроком на шляху зближення РМ і фізичної моделі. Без такого переходу не мають практичного сенсу подальші уточнення деформації реального об'єкту за рахунок врахування нелінійної деформації. Питання оптимізації конструкцій також можуть бути вирішені лише на основі просторових РМ.

Значення горизонтального сейсмічного навантаження S_{ki} , прикладеного до точки k , і відповідає i -тій формі власних коливань будівлі або споруди, слід визначати по формулі:

$$S_{ki} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot S_{0ki}$$

де S_{0ki} – горизонтальне сейсмічне навантаження по i -тій формі власних коливань споруди, яке визначається в припущенні пружної деформації конструкцій по формулі:

$$S_{0ki} = Q_k \cdot a_0 \cdot k_{ep} \cdot b_i \cdot h_{ki}$$

a_0 коефіцієнт, значення якого слід приймати рівним 0,1; 0,2; 0,4, відповідно, для розрахункової сейсмічності 7, 8, 9 балів (рис. 8).

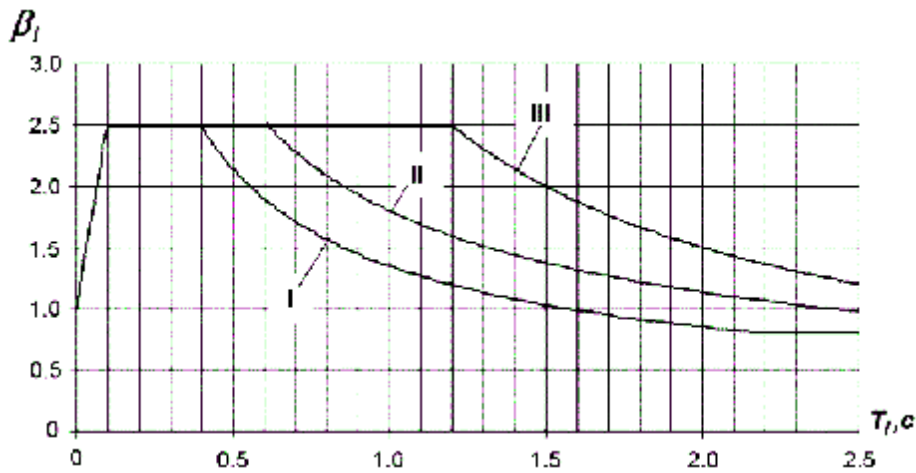


Рис. 8. Залежність коефіцієнта динамічності від періоду власних коливань конструкції для ґрунтів I, II, III категорії за сейсмічними властивостями

Запропоновано удосконалений метод зниження розмірності просторових об'єктів, що дозволяє розрахунок тривимірних інженерних об'єктів обґрунтовано зводити до розрахунку його схематичної моделі у вигляді двовимірної або одновимірної системи (рис. 9, 10).

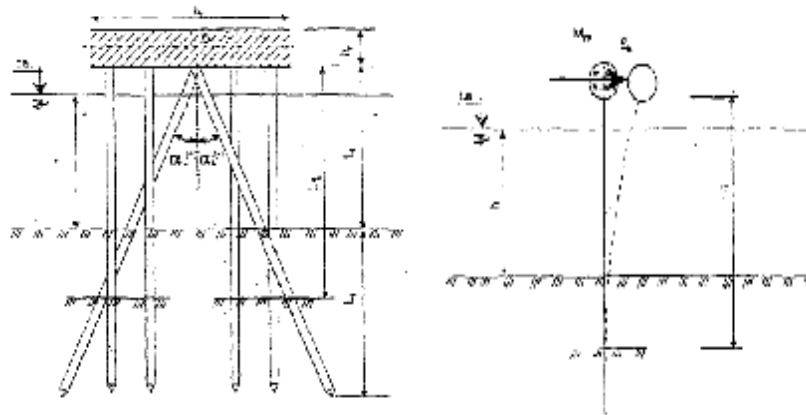


Рис. 9. Розрахункова (зліва) і приведена (справа) схеми споруди

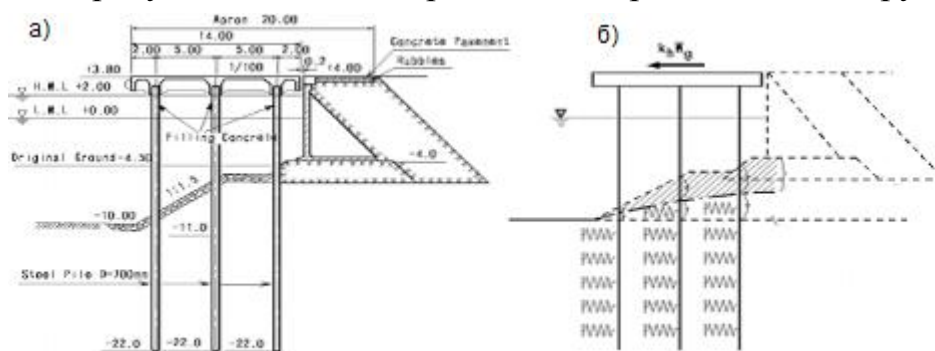


Рис.10. Моделювання естакади:

а) жорстке затискання, б) система пружин, які моделюють ґрунтові умови

Проаналізовано форми коливань окремих елементів споруди – поперечних і подовжніх рам, перекриттів.

Розроблено алгоритми комплексної оцінки сейсмостійкості з урахуванням моделей впливу, споруд та матеріалів (рис.11).

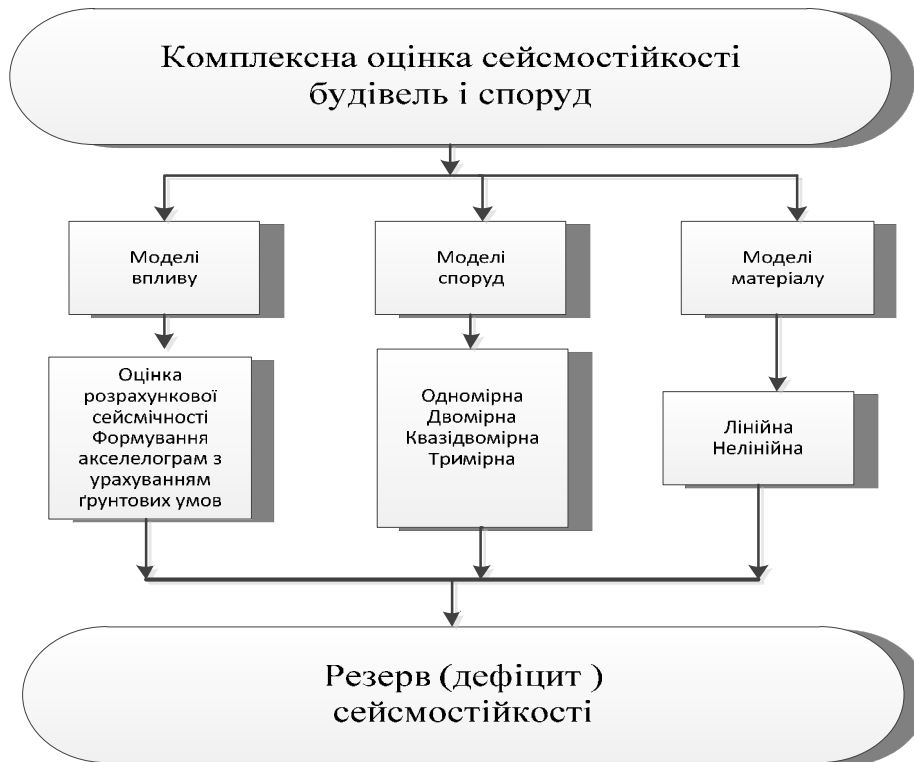


Рис. 11. Структурна схема оцінки сейсмостійкості будівель та споруд

Виконано порівняння результатів розрахунку споруд, одержаних з використанням різних програмних комплексів, яке показало високу точність запропонованих методів.

У **четвертому розділі** наводяться результати розрахунку для трьох об'єктів і порівняння з результатами застосування методик викладених в третьому розділі.

Виконано перевірочні розрахунки конструкції причалу судноремонтного пірсу № 2 ТОВ «Іллічівського судноремонтного заводу» з використанням учбових програмних комплексів SCAD (спектральний метод) PLAXIS (розрахунок на синтезовані акселерограми). Розрахунок укриття машинного залу газової станції Орлівка 2 та 24-х поверхового житлового будинку (житлова будівля №1 і № 2) за адресою: пров. Средньофонтанський, 1-а, Приморський район, м. Одеса, виконувалися з використанням ПК ЛІРА-САПР 2017 р. (ліцензія № 1/2000 від 01 листопада 2014 р.). В розрахунках використано формулу:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{I\}\ddot{u}_g(t)$$

де $[M]$ – матриця мас, $[C]$ – матриця поглинання, $[K]$ – матриця жорсткості;

$\{\ddot{u}\}$ – вектор прискорення, $\{\dot{u}\}$ – вектор швидкості, $\{u\}$ – вектор зміщення, $\{I\}$ – одиничний вектор, $\ddot{u}_g(t)$ – вхідна розрахункова акселерограма (рис. 12).

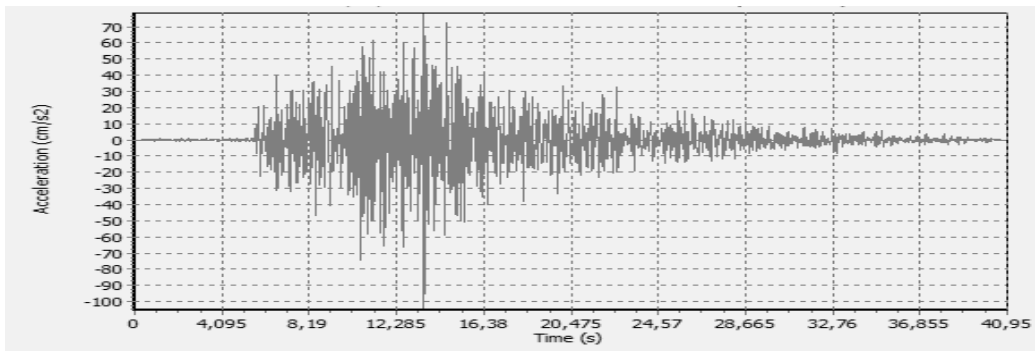


Рис. 12. Розрахункова акселерографа

Розрахунок причальних споруд на синтезовані акселерограми

Виконано перевірочні розрахунки конструкції причалу судноремонтного пірсу № 2 ТОВ «Іллічівський судноремонтний завод», з врахуванням проектних рішень по реконструкції гідротехнічної частини пірсу № 2 ІСРЗ для прийому кораблів типу «Панамакс» під обробку зернових вантажів. Розрахунок виконано із застосуванням програмного комплексу SCAD, який реалізовує метод скінчених елементів (рис. 13).

Для досліджуваного майданчика побудовано набір з 3-х трикомпонентних розрахункових акселерограм, що моделюють вплив місцевих розрахункових землетрусів з інтенсивністю 7 балів на майданчику проектованої реконструкції гідротехнічної частини пірсу.

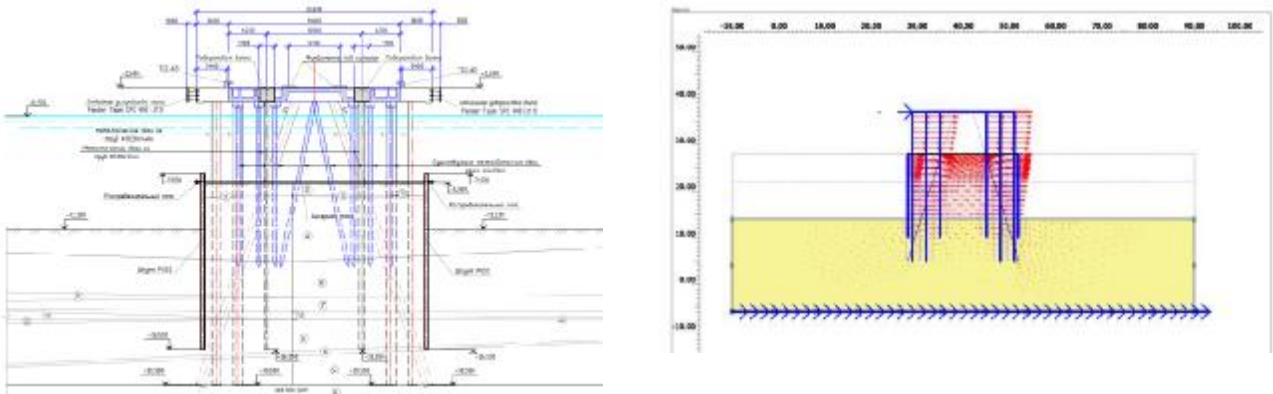


Рис. 13. Поперечний розріз 1-1 та результати розрахунку пірсу

Розрахунок укриття машинного залу газово-перекачувальної станції Орлівка 2 на синтезовані акселерограми

Об'єктом дослідження є компресорний цех (укриття) над агрегатами по перекачуванню газу компресорної станції «Орлівка-2», розташований на території Новосельської сільради, Ренійського району, Одеської обл.

Конструктивне укриття машинного залу є одноповерховою двопрольотною спорудою з металевим каркасом (рис. 14).

Відповідно до класифікації ґрунтів за результатами інженерно-геологічних досліджень і таблиці 1.1 ДБН В.1.1-12:2014, ґрунти майданчика будівництва відносяться до третьої категорії за сейсмічними властивостями. За результатами сейсмічного районування прогнозована інтенсивність сейсмічних

струшувань складає 9 балів, з імовірністю неперевіщення 99 % за 50 років (рис. 14).

На підставі представлених матеріалів була розроблена тривимірна комп'ютерна модель укриття. Розрахунки комп'ютерної моделі виконані за допомогою програмного комплексу «Lira».

В результаті проведених розрахунків отримано динамічні характеристики відповідальної секції будівлі по формах власних коливань. Малий відсоток модальних мас пояснюється тим, що основна маса споруди зосереджена в нижній частині, це: залізобетонні фундаментні плити, підколонники, фундаментні балки, цегельна стінка. Без урахування залізобетонних конструкцій сума модальних мас складає 90 %.

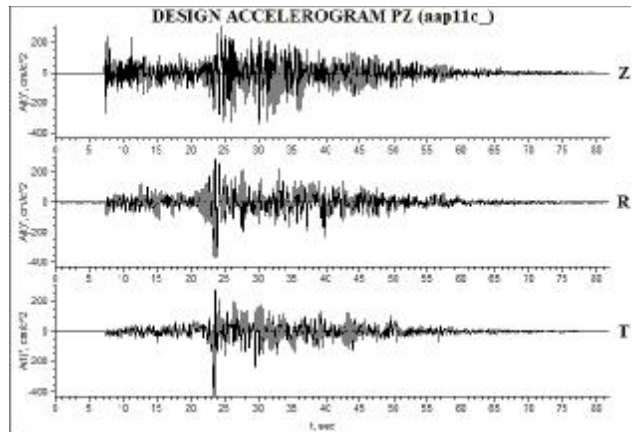
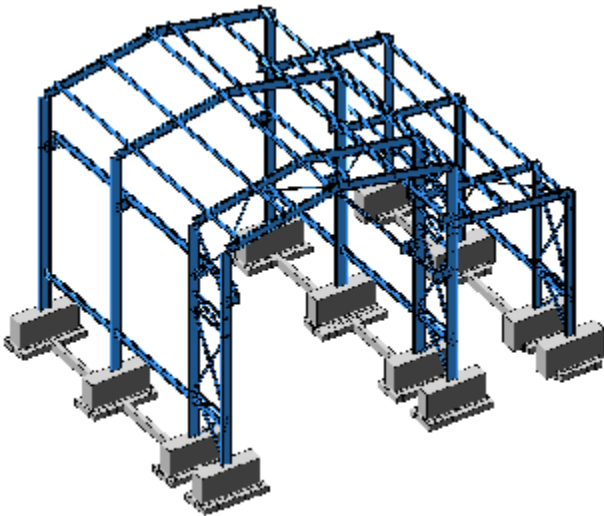


Рис.14 . Загальний вигляд тривимірної комп'ютерної моделі укриття та графік трикомпонентної розрахункової акселерограми, що моделює 9-ти бальний розрахунковий землетрус

Розрахунок багатоповерхового будинку на синтезовані акселерограми

Об'єкт дослідження – 24-х поверховий житловий будинок (житлова будівля № 1) (рис. 15) з вбудовано-прибудованими нежитловими приміщеннями і паркінгом за адресом: пров. Середньофонтанський, 1-а, Приморський район, м. Одеса.

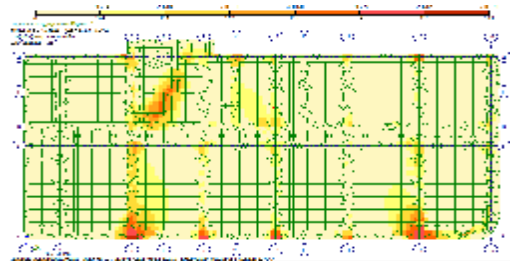
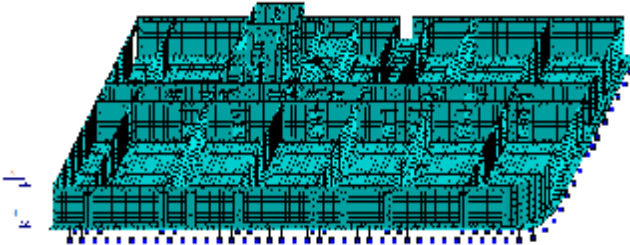


Рис. 15. Підвальний поверх будівлі № 1 на відмітці -3.000 м, та армування ростверку будівлі № 1 по осі X в нижній грані

Нормативна інтенсивність сейсмічних впливів для м. Одеси прийнята на основі карти «А» і списку населених пунктів України, приведених в ДБН В.1.1–12:2014. Вона складає 7 балів за шкалою Msk-64.

Відповідно до результатів інженерно-геологічних досліджень і таблиці 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 верхні шари ґрунтів майданчика будівництва відносяться до третьої категорії за сейсмічними властивостями. Проведене сейсмічне районування будівельного майданчика показало, що розрахункова сейсмічність майданчика будівництва для будівель класу наслідків (відповідальності) СС2 складає 7 балів.

Проведено порівняння результатів розрахунку спектральним методом з результатами розрахунку методом інтегрування рівнянь руху на трикомпонентні акселерограми. Використання методу інтегрування рівнянь руху при збігу періодів зовнішнього впливу з періодами власних коливань (явище резонансу) (рис. 5, 6) на багатоповерхові будівлі дозволило виключити цей ефект.

Результати виконаних робіт дозволили здійснити розробку моделі будівлі, включаючи верхню будову, фундаменти, проведення розрахунків і розробки рекомендацій щодо конструювання сейсмостійких будівель (рис. 16).

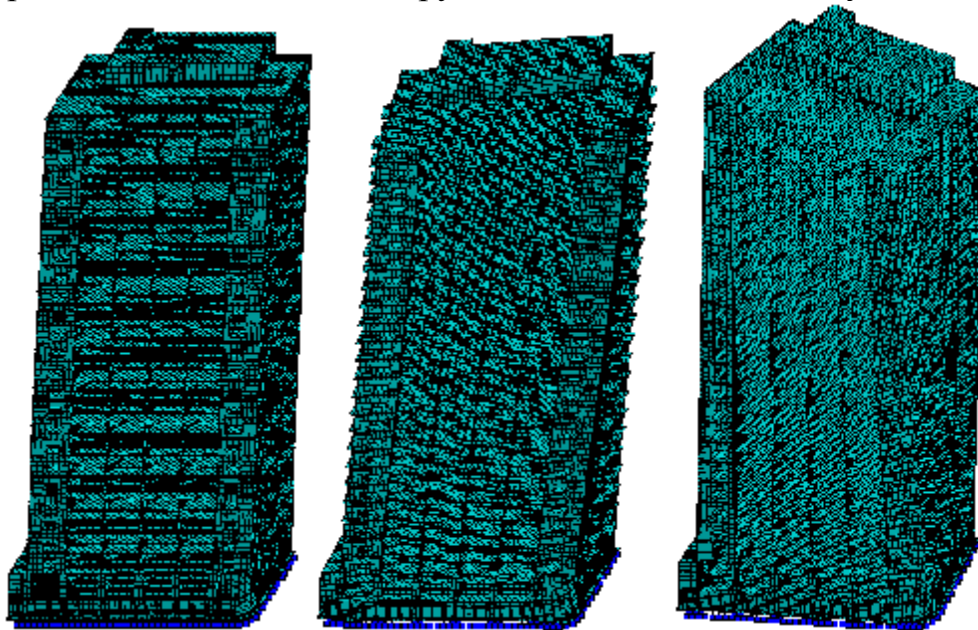


Рис. 16 . Перші форми власних коливань будівлі № 1

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено науково-прикладну проблему розробки теоретичних основ і практичних методів розрахунку будівель і споруд, які зводяться в сейсмічних районах, або реконструюються при модернізації існуючого житлового фонду на сейсмонебезпечній частині території України. Наукове значення вирішення зазначеної проблеми полягає в тому, що вперше створено теоретичний апарат та розрахункові моделі залізобетонних каркасних будівель, які відображають їх реальну поведінку при сейсмічних впливах, з врахуванням просторової деформації і нерівномірності поля коливань ґрунту під будівлею. Прикладне значення роботи полягає в нових можливостях об'єктивної оцінки здатності будівель і споруд витримувати значні сейсмічні навантаження.

У дисертаційному дослідженні розроблено нові та удосконалено існуючі методи розрахунку на сейсмічні впливи будівель, споруд та їх відповідальних конструкцій для оцінки сейсмостійкості, з використанням дискретних скінчено-елементних динамічних розрахункових моделей.

На основі виконаного дослідження сформульовано наступні висновки і пропозиції.

1. Розроблено нові та удосконалено існуючі методи розрахунку будівель, споруд та їх відповідальних конструкцій на сейсмічні впливи.

2. Систематизовано та узагальнено існуючі методи з оцінки несучої здатності і деформативності будівель і споруд в умовах сейсмічної небезпеки, намічено шляхи їх подальшого розвитку.

3. Розроблено апаратуру і методика польових досліджень, яка дозволяє отримати реальні дані про коливання ґрунту на майданчиках будівництва.

4. Розроблено напівемпіричну методика побудови розрахункових акселерограм, яка базується на максимальному використанні інформації, що міститься в акселерограмах землетрусів з місцевих вогнищевих зон і землетрусів зони Вранча, зареєстрованих на території міста Одеса.

5. Проаналізовано сейсмічний вплив локальних інженерно-геологічних умов на будівельних майданчиках. За допомогою теоретичного моделювання сейсмічних впливів і чисельних експериментів встановлено, що фільтрація сейсмічних хвиль геологічним середовищем і виникнення резонансних коливань в спорудах при сильних підкорових землетрусах зони Вранча – можуть привести до збільшення сейсмічних навантажень у декілька разів.

6. Доведено, що побудовані, з врахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування, розрахункові акселерограми і спектри реакції відкривають можливість здешевлення сейсмостійкого будівництва за рахунок оптимального вибору конструктивних рішень, які дозволяють уникнути збігу переважаючих частот, що відповідають піковим прискоренням в сейсмічних хвилях, резонансних частот підстилаючої ґрунтової товщі і власних частот проєктованих будівель та споруд, із збереженням необхідної надійності.

7. Розроблено аналітичні і чисельно-аналітичні методи розрахунку сейсмічних навантажень для регулярних споруд, що допускають стискання в одному напрямі. Розроблено процедуру зведення моделей поперечних і подовжніх рам до моделей квазіодновимірних консольних стержнів, які описують їх динамічну поведінку.

8. Запропоновано новий метод зниження розмірності просторових об'єктів, який дозволяє обґрунтовано зводити розрахунок тривимірних інженерних об'єктів до розрахунку їх моделей у вигляді двовимірних або одновимірних систем.

9. Проведено апробацію запропонованих підходів, моделей та прикладних методик для оцінки несучої здатності і деформативності будівель і споруд.

Розроблені пропозиції було використано при науково-технічному супроводі проектування, реконструкції і зведенні реальних будівель і споруд. Ефективність впровадження полягає в підвищенні безпеки проживання населення в сейсмічних районах засобами проектування.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Кендзера А.В. Реализация требований ДБН В.1.1-12:2006 относительно параметров сейсмических воздействий для сейсмостойкого проектирования в г. Одессе / [А.В. Кендзера, С.Т. Вербицкий, Ю.Т. Вербицкий, О.Т. Вербицкая, В.К. Егунов, К.В. Егунов, С.П. Ковальчук, Р.И. Прокопец] / Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції. – К.: НДІБК. – 2008. – вип.69. – С. 45-55. *Внесок здобувача: визначення сейсмічних впливів на майданчику будівництва багатопверхового будинку.*
2. Егунов К.В. Инструментальные методы оценки сейсмической опасности Одесского региона / Егунов К.В., Бондаренко А.С., Егунов В.К. / Вісник ОДАБА – Одеса, 2013. – вип. 49. – С.143-149. *Внесок здобувача: оцінка розрахункової сейсмічності в умовах будівельного майданчика.*
3. Кендзера А.В. Мониторинг сейсмичности Юго-Западных областей Украины и сопредельных территорий / [А.В. Кендзера, В.К. Егунов, К.В. Егунов] / Вісник Одеського національного університету. – Одеса, 2013. – Том 18. – Випуск 1 (17). – С.70-83. *Внесок здобувача: аналіз експериментальних досліджень по моніторингу сейсмічності Південно-Східних територій України.*
4. Немчинов Ю.И. Практичні питання динаміки будівель і споруд / Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар'єнков М.Г., Жарко Л.О., Дунін В.А., Бабік К.М., Єгунов К.В., Кендзера О.В., Єгунов В.К., Булат А.Ф., Дирда В.І., Лисиця М.І. / Будівництво України, листопад 2013. – С.6-14. *Внесок здобувача: отримання синтезованих акселерограм землетрусу.*
5. Ковальчук С.П. Пример некорректного районирования с использованием категорий сейсмических свойств грунтов / Ковальчук С.П., Киртока В.А., Егунов В.К. Міжвідомчий науково-технічний збірник Будівельні конструкції. Випуск 82. – Київ, ДП НДІБК, 2015. – С.303-308. *Внесок здобувача: уточнення сейсмічності майданчика.*
6. Комплексная модель «сооружение – свайный фундамент» для оценки сейсмостойкости многоэтажных зданий / Дорофеев В.С., Сорока Н.Н., Егунов К.В., Егунов В.К. Міжвідомчий науково-технічний збірник Будівельні конструкції. Випуск 83, книга 2. – Київ, ДП НДІБК, 2016. – С.44-53. *Внесок здобувача: створення та верифікація моделі будівель.*

7. Дорофеев В.С. Особенности определения нагрузок и воздействий на объекты повышенного класса ответственности [Егупов К.В., Егупов В.К., Кендзера А.В., Немчинов Ю.И., Семенова Ю.В., Сорока Н.Н.] / Наука та будівництво 4{14} 2017. С.11-20. *Внесок здобувача: аналіз навантажень і впливів на об'єкти підвищеного класу відповідальності.*

Статті за кордоном та у виданнях,
включених до міжнародних науково-метричних баз даних

8. V. Dorofeyev, K. Iegupov., O. Murashko, V. Iegupov Seimological and Seismometric investigations in the Odessa region, Ukraine /International conference on earthquake engineering and seismology, 12-16 may 2015 Oslo. С. 10. (індексується в Google Scholar, ResearchGate). *Внесок здобувача: аналіз сейсмічних подій в Одеському регіоні.*

9. O. Murashko, V. Dorofeev, O. Mihailov, V. Yegupov, N. Mihailova / Problem of non-conformity of computational model and results of vibration tests of multistory buildings with girderless construction / «OVIDIUS» University annalis – constantza series: civil engineering analele universitatii «OVIDIUS» din constanta seria: constructii, Romania, 2015 С.6. (Індексується в INDEX COPERNICUS, GLOBAL IMPACT FACTOR (GIF), SCRIBD, Google Scholar, ResearchGate). *Внесок здобувача: розробка експериментальної складової системи динамічного моніторингу споруди.*

10. Дорофеев В.С., Егупов В.К. / Уязвимость железобетонных зданий при сейсмических воздействиях / сборник научных трудов «Проблемы современного бетона и железобетона» «Институт Бел НИИС», Беларусь, 2015. С. 98-105. (індексується в Print ISSN 2076-6033). *Внесок здобувача: визначення критеріїв міцності дослідних залізобетонних елементів.*

11. V. Dorofeev Structural systems of seismic resistant buildings in the Odessa region of the Ukraine / V. Dorofeev, O. Murashko, V. Iegupov / Quality/ Mobility and globalization in the Higher Education System, NovaScience Publishers, Inc. New York, 2016. С.96-105. (індексується в INDEX COPERNICUS, GLOBAL IMPACT FACTOR (GIF), SCRIBD, Google Scholar, ResearchGate). *Внесок здобувача: розробка експериментальної методики досліджень.*

12. Егупов В.К. Нагрузки и воздействия на объекты повышенного класса ответственности / Егупов В.К., Дорофеев В.С. / international research and practice conference, modern methods, innovations, and experience of practical application in field of technical sciences/ Radom, Republic of Poland, December 27-28, 2017. p.118-122. (індексується в INDEX COPERNICUS, GLOBAL IMPACT FACTOR (GIF), SCRIBD, Google Scholar, ResearchGate). *Внесок здобувача: систематизація навантажень і впливів на об'єкти підвищеного класу відповідальності.*

13. Егупов В.К. Нагрузки и воздействия на объекты повышенного класса ответственности Одесского региона / Егупов В.К., Дорофеев В.С. / Актуальные научные исследования в современном мире. выпуск 12(32). Часть 1. Переяслав-Хмельницкий. Декабрь 2017 г. С. 92-99 (індексується в РИНЦ, Google Scholar, Index Copernicus). *Внесок здобувача: аналіз навантажень і впливів на об'єкти підвищеного класу відповідальності.*

14. Дорофеев В.С. Проектирование многоэтажных зданий на свайных фундаментах с учетом сейсмических воздействий / К.В. Егупов, В.К. Егупов / Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(17), Issue: 157, Budapest 2018 pp 11-14. (індексується в Google Scholar, Index Copernicus, ResearchGate). *Внесок здобувача: натурні вимірювання сейсмічних впливів на багатопверхові будинки.*

15. Дорофеев В.С. Анализ уязвимости многоэтажных зданий при сейсмических воздействиях / К.В. Егупов, В.К. Егупов / Актуальные научные исследования в современном мире. выпуск 1 (33). Часть 1. Переяслав-Хмельницкий. Январь 2018 г. С.19-25. (індексується в РИНЦ, Google Scholar, Index Copernicus). *Внесок здобувача: аналіз вразливості багатопверхових споруд.*

16. Iegupov K. Dynamic calculation of the pile supported wharf / Meltsov G., Iegupov V., Bezushko D. / Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering, Issue 2(51), Poltava, 2018. С . 10. (індексується в Google Scholar, Index Copernicus, ResearchGate). *Внесок здобувача: визначення сейсмічних впливів на майданчику.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

17. Определение параметров сейсмических воздействий для сейсмостойкого проектирования в г. Одессе / Кендзера А.В., Дорофеев В.С., Егупов К.В., Вербицкий С.Т., Егупов В.К. та.інш.] // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: матер. наукової конф.-семінару, присвяченої пам'яті Т.З. Вербицького та Ю.Т. Вербицького, 3-5 червня 2014 р., Львів. – С. 79-91. *Внесок здобувача: визначення параметрів сейсмічних впливів на будівельному майданчику.*

18. Егупов В.К. Применение результатов сейсмического микрорайонирования при проектировании высотных зданий в Одессе / Егупов В.К. науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку будівельного комплексу м. Одеси. Збірка тез. ОДАБА 22-24 вересня 2016 р., м. Одеса. – С.10-11. *Внесок здобувача: вдосконалення інженерного методу розрахунку несучої здатності споруд.*

19. Kendzera A., Yegupov K., Yegupov V. Seismic monitoring of the southwestern areas of the Ukraine and adjacent areas / 15 European Conference on Earthquake Engineering Istanbul Turkey, 24 to 29 august 2014 2018. – С. 12. (індексується в Google Scholar, Index Copernicus, ResearchGate). *Внесок здобувача: розробка інженерного методу моніторингу.*

20. Егупов К.В. Развитие пространственных моделей сооружений и сейсмических воздействий / Егупов К.В., Егупов В.К. «Проблеми теорії і практики сейсмостійкого будівництва», Збірка тез міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження професора В.К. Єгупова, 25-29 жовтня 2016 р. С.11-12. *Внесок здобувача: розробка просторової моделі споруд і впливів.*

21. Використання сейсмологічної інформації для науково-технічного супроводу проектування / [Єгупов К.В., Кендзера А.В., Вербицький С.Т., Єгупов В.К., та ін.] // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: матер. наукової конф.-семінару, присвяченої пам'яті Т.З. Вербицького та Ю.Т. Вербицького, 1-2 червня 2017 р., с. м. т. Верхне Синьовидне. – С. 58-61. *Внесок здобувача: вдосконалення інженерного методу розрахунку несучої здатності споруд.*

22. Егупов К.В. Сейсмостойкость морских причальных сооружений эстакадного типа / Егупов К.В., Мельцов Г.И., Егупов В.К. / Збірка тез доповідей Одинадцята всеукраїнська науково-технічна конференція «Будівництво в сейсмічних районах України» 10-14 вересня 2018р. м. Одеса. – С.72-74. *Внесок здобувача: натурні дослідження причальних споруд.*

23. Alexander Kendzera Use of seismological information for the design of multistory buildings / Konstantin Iegupov , , Yuliia Semenova, Slava Iegupov, Yurii Lisovyi / 16th European conference on earthquake engineering , Thessaloniki 18-21 June 2018. – С.12. (індексується в Google Scholar, Index Copernicus, ResearchGate). *Внесок здобувача: визначення величин власних частот і напрямків власних коливань споруди.*

24. Кендзера О.В. Вплив локальних ґрунтових умов на сейсмічні коливання майданчика Ташлицької ГАЕС / Семенова Ю.В., Єгупов В.К., Лісовий Ю.В., Вербицький С.Т. / Збірка тез доповідей Одинадцята всеукраїнська науково-технічна конференція «Будівництво в сейсмічних районах України» 10-14 вересня 2018 р. м. Одеса. С13-15. *Внесок здобувача: аналіз локальних ґрунтових умов на сейсмічні коливання.*

25. Безушко Д.І. Визначення загальних критеріїв ймовірності безвідмовної роботи причальних споруд естакадного типу при сейсмічних впливах / Безушко Д.І., Єгупов К.В., Єгупов В.К. / Збірка тез доповідей Одинадцята всеукраїнська науково-технічна конференція «Будівництво в сейсмічних районах України» 10-14 вересня 2018 р. м. Одеса. С. 41-42. *Внесок здобувача: аналіз експериментальних досліджень на причальних спорудах.*

26. Немчинов Ю.И. Участие украинской делегации АУСС в 16 Европейской конференции по сейсмостойкому строительству / Немчинов Ю.И., Егупов К.В., Кендзера А.В., Егупов В.К. / Збірка тез доповідей Одинадцята всеукраїнська науково-технічна конференція «Будівництво в сейсмічних районах України» 10-14 вересня 2018 р. м. Одеса. С. 110-111. *Внесок здобувача: аналіз доповідей 16 Європейської конференції по сейсмостійкому будівництву.*

АНОТАЦІЯ

Егунов В.К. Методи оцінки сейсмостійкості будівель та споруд. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції будівлі та споруди» (192 – Будівництво та цивільна інженерія). Одеський національний морський університет, Одеса, 2018.

У дисертації розглянуто питання проектування і експлуатації сейсмостійких будівель і споруд. Аналіз сейсмостійкості будівель та гідротехнічних споруд зведених в сейсмічних районах України показав, що фактичні сейсмічні навантаження на споруди значно перевищують розрахункові навантаження, які були визначені нормативними документами до 2006 року.

У **вступі** розкрито стан наукової проблеми, обґрунтована актуальність, викладена мета, завдання та робочі гіпотези виконаних досліджень. Охарактеризовано наукову новизну, практичну цінність роботи та відомості про її апробацію, надана загальна характеристика дисертації.

У **першому** розділі наведено короткий огляд досліджень деформації будівель і споруд при землетрусах, відзначено, що в останні роки був накопичений значний досвід в області розробки теорії сейсмостійкості з урахуванням просторової поведінки конструкцій. У той же час, проблема хвильової природи сейсмічних впливів вивчалася епізодично, мало робіт присвячено врахуванню кінцевої швидкості поширення сейсмічних хвиль. Для ефективного вирішення цієї проблеми було обґрунтовано можливість і доцільність спрощення моделей споруд шляхом приведення об'ємної задачі до двовимірної. Систематизовано та узагальнено наявні дані по оцінці несучої здатності будівель і споруд в умовах сейсмічних впливів.

У **другому розділі** проаналізовано основні підходи до проведення сейсмічного мікрорайонування (СМР); запропоновано практичний підхід до уточнення прогнозованої сейсмічної інтенсивності (бальності) будівельних майданчиків з урахуванням результатів детального сейсмічного районування (ДСР) і сейсмічного мікрорайонування (СМР); розроблена апаратура і методика польових досліджень; розроблено напівемпіричну методику побудови розрахункових акселерограм; встановлено, що нерівномірності поля коливань ґрунту, фільтрація сейсмічних хвиль геологічним середовищем і виникнення резонансних коливань в спорудах при сильних підкорових землетрусах зони Вранча можуть привести до збільшення сейсмічних навантажень у декілька разів; запропоновано рекомендацію, згідно якої уточнення сейсмічності майданчиків будівництва повинно виконуватися на основі сейсмічного мікрорайонування.

У **третьому розділі** розроблено аналітичні і чисельно-аналітичні методи розрахунку для регулярних споруд; удосконалено метод зниження розмірності просторових об'єктів; розроблено алгоритми розрахунку регулярних будівель і причальних споруд на сейсмічні впливи; виконане порівняння результатів

розрахунку споруд з використанням різних програмних комплексів показало високу точність запропонованих методів.

У **четвертому розділі** наводяться результати розрахунку для трьох об'єктів і порівняння одержаних результатів з результатами застосування методик викладених в третьому розділі. Виконано перевірочні розрахунки конструкції причалу судноремонтного пірсу № 2 ТОВ «Іллічівського судноремонтного заводу» з використанням учбових програмних комплексів SCAD (спектральний метод) PLAXIS (розрахунок на синтезовані акселерограми). Розрахунок укриття машинного залу газової станції Орлівка 2 та 24-х поверхового житлового будинку (житлова будівля № 1 і № 2) за адресою: пров. Середньофонтанський, 1-а, Приморський район, м. Одеса, виконувались з використанням ПК ЛІРА-САПР.

Ключові слова: клас наслідків (відповідальності), землетруси, сейсмічне мікрорайонування, розрахункові акселерограми, будівлі, споруди

ANNOTATION

Iegupov V.K. Investigation of seismic resistance of buildings and structures. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscripts.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.23.01 «Building structures of buildings and structures» (192 - Construction and civil engineering). Odessa National Marine University, Odessa, 2018.

The thesis deals with the calculation of buildings and structures of increased responsibility for seismic impacts. It is shown that not taking into account a number of geophysical factors leads to a significant change in the magnitude of seismic influences, often in a dangerous direction. To assess the reliability of the objects of the increased class of responsibility (CC2 and CC3), it is necessary to obtain additional geophysical data (wave propagation speed under the structure, the prevailing period of soil oscillation and synthesized accelerograms taking into account the ground conditions of the construction site).

Theoretical modeling of seismic influences and numerical experiments made it possible to establish that the unevenness of the soil oscillation field, the seismic wave filtration by the geological medium, and the appearance of resonance oscillations in structures with strong subcrustal earthquakes in the Vrancea zone may increase seismic loads by several times. The calculated accelerograms and reaction spectra based on the results of the SMR make it possible to significantly reduce the cost of this earth-resistant construction due to the optimal choice of design solutions that avoid the coincidence of the prevailing frequencies corresponding to peak accelerations in seismic waves, the resonant frequencies of the underlying soil strata and the natural frequencies of the designed building), with the preservation of the necessary reliability of highly responsible structures.

Keywords: class of consequences (responsibility), earthquake, seismic microzoning, calculated accelerograms, buildings, structures.

АННОТАЦИЯ

Егунов В.К. Методы оценки сейсмостойкости зданий и сооружений, квалификационная научная работа. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции здания и сооружения» (192 - Строительство и гражданская инженерия). Одесский национальный морской университет, Одесса, 2018.

В диссертации рассмотрены вопросы расчета зданий и сооружений повышенной ответственности на сейсмические воздействия. Показано что не учет ряда геофизических факторов приводит к значительному изменению величин сейсмических воздействий, часто в опасную сторону. Для оценки надежности объектов повышенного класса ответственности (СС2 и СС3) необходимо получить дополнительные геофизические данные (скорость прохождения волны под сооружением, преобладающий период колебания грунта и синтезированные акселерограммы с учетом грунтовых условий площадки строительства).

Теоретическое моделирование сейсмических воздействий и численные эксперименты позволили установить, что неравномерности поля колебаний грунта, фильтрация сейсмических волн геологической средой и возникновение резонансных колебаний в сооружениях при сильных подкоровых землетрясениях зоны Вранча может привести к увеличению сейсмических нагрузок в несколько раз. Построенные с учетом результатов сейсмического микрорайонирования (СМР) расчетные акселерограммы и спектры реакции открывают возможность повышения надежности сейсмостойкого строительства за счет оптимального выбора конструктивных решений, позволяющих избежать совпадения преобладающих частот, соответствующих пиковым ускорениям в сейсмических волнах, резонансных частот подстилающей грунтовой толщи и собственных частот проектируемого здания (сооружения), с сохранением необходимой надежности сооружений.

Ключевые слова: класс последствий (ответственности), землетрясение, сейсмическое микрорайонирование, расчетные акселерограммы, здания, сооружения.